

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-21096
(P2000-21096A)

(43)公開日 平成12年1月21日(2000.1.21)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
G 1 1 B 20/14	3 5 1	G 1 1 B 20/14	3 5 1 A 5 D 0 3 1
5/09	3 2 1	5/09	3 2 1 Z 5 D 0 4 4
20/18	5 3 4	20/18	5 3 4 A
	5 7 0		5 7 0 F
	5 7 2		5 7 2 B

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平10-188512

(22)出願日 平成10年7月3日(1998.7.3)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 梅本 益雄

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 伊藤 研也

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 100068504

弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気ディスク装置及びそれに用いる半導体デバイス

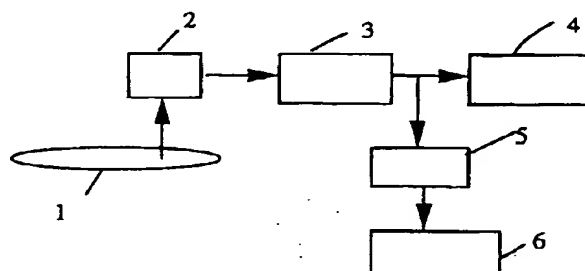
(57)【要約】

【課題】 信号に先駆けて記録するプリアンプル信号として好適な信号波形を用い、P R 5方式に好適なタイミングクロックを得ることができる磁気ディスク装置及びそれに用いる半導体デバイスを提供する。

【解決手段】 デジタル情報に基づいた誤り訂正用検査符号が挿入されたデジタル情報を磁気記録に適したデジタル記録信号に変換する記録符号化回路と、垂直記録媒体と、上記デジタル信号を上記垂直記録媒体に記録する記録ヘッドと、上記デジタル信号を上記垂直記録媒体から読み出す再生ヘッドと、再生された信号を増幅する増幅回路と、増幅された信号をP R 5方式で再生等化を行う再生等化回路と、該再生等化された信号から元のデジタル信号を検出するビタビ検出器と、上記再生等化された信号から再生タイミングクロック信号の位相情報を検出する位相情報検出器と、該位相情報の出力信号に応じて再生クロックを発生するクロック発生器を有することを特徴とする磁気ディスク装置を用いる。

【効果】 1平方インチあたり10ギガビットを超える磁気ディスク装置が提供できる。

図 3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 デジタル情報に基づいた誤り訂正用検査符号が挿入されたデジタル情報を磁気記録に適したデジタル記録信号に変換する記録符号化回路と、垂直記録媒体と、上記デジタル信号を上記垂直記録媒体に記録する記録ヘッドと、上記デジタル信号を上記垂直記録媒体から読み出す再生ヘッドと、再生された信号を増幅する増幅回路と、増幅された信号を PR5 方式で再生等化を行う再生等化回路と、該再生等化された信号から元のデジタル信号を検出するビタビ検出器と、上記再生等化された信号から再生タイミングクロック信号の位相情報を検出する位相情報検出器と、該位相情報の出力信号に応じて再生クロックを発生するクロック発生器を有することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項 2】 上記垂直記録媒体上に +1+1-1-1 あるいは +1+1+1-1-1-1 の繰り返しパターンがプリアンプパターンとして記録されていることを特徴とする請求項 1 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 3】 プリアンプが再生されてくることが予想される期間では、プリアンプに含まれる位相検出可能パターンに対応する位相情報の出力信号のみに応じて再生クロックを発生させることを特徴とする請求項 2 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 4】 上記垂直記録媒体は単層垂直記録媒体であることを特徴とする請求項 1 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 5】 上記再生ヘッドは磁気抵抗型の読み出しヘッドであることを特徴とする請求項 1 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 6】 上記再生タイミング信号を発生させる回路は、位相情報を 4 個または 3 個のパターンから演算する回路を有することを特徴とする請求項 1 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 7】 デジタル情報に基づいた誤り訂正用検査符号が挿入されたデジタル情報を磁気記録に適したデジタル記録信号に変換する記録符号化回路と、再生された信号を増幅する増幅回路と、増幅された信号を PR5 方式で再生等化を行う再生等化回路と、該再生等化された信号から元のデジタル信号を検出するビタビ検出器と、上記再生等化された信号から再生タイミングクロック信号の位相情報を検出する位相情報検出器と、該位相情報の出力信号に応じて再生クロックを発生するクロック発生器を有すること特徴とする半導体デバイス。

【請求項 8】 垂直記録媒体に +1+1-1-1 あるいは +1+1+1-1-1-1 の繰り返しパターンをプリアンプパターンとして記録する回路手段を含むことを特徴とする請求項 7 記載の半導体デバイス。

【請求項 9】 プリアンプが再生されてくることが予想される期間では、プリアンプに含まれる位相検出可能パターンに対応する位相情報の出力信号のみに応じて再生クロックを発生させることを特徴とする請求項 8 記載

の半導体デバイス。

【請求項 10】 上記再生タイミング信号を発生させる回路は、位相情報を 4 個または 3 個のパターンから演算することを特徴とする請求項 7 記載の半導体デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はデジタルデータを垂直記録用記録媒体に記録し、読み出す場合に好適なタイミング信号が得られる信号処理方式に係り、かかる方式の回路を含む磁気ディスク装置及びそれに用いる半導体デバイスに関する。

【0002】

【従来の技術】 コンピュータの演算速度が高速になると共に大容量のメモリを必要とする応用ソフトが使用されるようになり、小型磁気ディスクの高密度化は、ますますその要求が高まっている。このため、最近では、高密度な磁気記録媒体として垂直記録媒体を利用する事が検討され始めている。この記録媒体は媒体の厚み方向に記録するものである。この垂直記録媒体を用い、従来と同様な記録ヘッド、すなわち、巻き線型のリングヘッドを用いた場合に、その高密度性が確認されている。

【0003】 なお、垂直記録媒体には、単層記録媒体や、2 層の垂直記録媒体（垂直記録媒体の下層に面内記録媒体層を有する）が提案されている。その再生信号は単層の場合、従来の面内記録の再生信号を微分した形式となり、2 層の場合は積分した形式で与えられる。従って、積分あるいは微分の演算処理を行って、従来と同じ再生信号波形に戻し、従来の信号処理を利用することが提案されている。このようにすれば、再生タイミングクロックの抽出に関しても従来の手法が利用できる。

【0004】 しかし、積分や微分といった処理では、例えば微分の場合では、信号帯域の高周波成分を強調する事になるので、この領域に含まれる雑音も強調される。このため、微分した後の信号対雑音比は垂直記録が本来持っていた値より低下してしまう恐れがある。この事は、2 層垂直膜に対する積分の場合でも同じで、直流に近い低周波成分が強調される。したがって、従来の面内記録がパーシャルレスポンス（PR）クラス 4 の再生信号処理を用いていたように、垂直記録においてもこれに適した PR 方式を使用すべきである。これに関連するものとして、アイイー イー イー トランス、オン マグネティクス 32 巻（IEEE trans. on MAGNETICS Vol. 32），No. 5，1996 年 9 月には PR5 と呼ばれる再生信号処理方式が垂直記録に好適であることが示されている。しかし、PR5 方式を利用したとき、再生時に必要なタイミングクロックを得るための信号処理方法やプリアンプパターンをどのように設定すべきかという基本的な事柄は言及されていない。

3

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は垂直記録媒体にデジタル信号を記録し、再生信号処理としてPR5方式を用いた場合に、再生時のタイミングクロック抽出用に、信号に先駆けて記録するプリアンプル信号として好適な信号波形を用いて、PR5方式に好適なタイミングクロックを得ることができる磁気ディスク装置及びそれに用いる半導体デバイスを提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明では、少なくとも、垂直記録媒体と、記録媒体上に+1+1-1-1あるいは+1+1+1-1-1-1の繰り返しパターンをプリアンプルパターンとして記録する手段と、PR5の等化手段と、該等化手段の出力信号から再生タイミング信号を発生させる手段から構成される。

【0007】第1群の発明の特徴は、(1) デジタル情報に基づいた誤り訂正用検査符号が挿入されたデジタル情報を磁気記録に適したデジタル記録信号に変換する記録符号化回路と、垂直記録媒体と、上記デジタル信号を上記垂直記録媒体に記録する記録ヘッドと、上記デジタル信号を上記垂直記録媒体から読み出す再生ヘッドと、再生された信号を増幅する増幅回路と、増幅された信号をPR5方式で再生等化を行う再生等化回路と、該再生等化された信号から元のデジタル信号を検出するビタビ検出器と、上記再生等化された信号から再生タイミングクロック信号の位相情報を検出する位相情報検出器と、該位相情報の出力信号に応じて再生クロックを発生するクロック発生器を有することを特徴とする磁気ディスク装置にある。

【0008】上記(1)において、(2) 上記垂直記録媒体上に+1+1-1-1あるいは+1+1+1-1-1-1の繰り返しパターンがプリアンプルパターンとして記録されていることが好ましい。

【0009】上記(1)において、(3) プリアンプルが再生されてくることが予想される期間では、プリアンプルに含まれる位相検出可能パターンに対応する位相情報の出力信号のみに応じて再生クロックを発生させることが好ましい。

【0010】上記(1)において、(4) 上記垂直記録媒体は単層垂直記録媒体であることが好ましい。上記(1)において、(5) 上記再生ヘッドは磁気抵抗型の読み出しヘッドであることが好ましい。

【0011】上記(1)において、(6) 上記再生タイミング信号を発生させる回路は、位相情報を4個または3個のパターンから演算することが好ましい。

【0012】第2群の発明の特徴は、(7) デジタル情報に基づいた誤り訂正用検査符号が挿入されたデジタル情報を磁気記録に適したデジタル記録信号に変換する記録符号化回路と、再生された信号を増幅する増幅

4

回路と、増幅された信号をPR5方式で再生等化を行う再生等化回路と、該再生等化された信号から元のデジタル信号を検出するビタビ検出器と、上記再生等化された信号から再生タイミングクロック信号の位相情報を検出する位相情報検出器と、該位相情報の出力信号に応じて再生クロックを発生するクロック発生器を有することと特徴とする半導体デバイスにある。

【0013】上記(7)において、(8) 垂直記録媒体に+1+1-1-1あるいは+1+1+1-1-1-1の繰り返しパターンをプリアンプルパターンとして記録する回路手段を含むことが好ましい。

【0014】上記(7)において、(9) プリアンプルが再生されてくることが予想される期間では、プリアンプルに含まれる位相検出可能パターンに対応する位相情報の出力信号のみに応じて再生クロックを発生させることが好ましい。

【0015】上記(7)において、(10) 上記再生タイミング信号を発生させる回路は、位相情報を4個または3個のパターンから演算することが好ましい。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明を実施例によって詳細に説明する。

【0017】図1は単層垂直記録媒体を用いた垂直記録とPR5方式の概要を説明した図である。同図(a)は記録するデジタル信号の基本特性を示す孤立磁化反転を与える信号列の1部分を示している。すなわち、-1-1+1+1+1である。デジタル信号のビット間隔をTcで示す。(b)は(a)に対する記録電流波形である。(c)は記録ヘッドによって形成された磁化パターンで、垂直記録では媒体の厚み方向に磁化される。

(c)のように磁化されたパターンをシールドタイプの磁気抵抗型ヘッドで読み出すと、(d)に示すような再生波形が得られる。再生信号の広がりやビット間隔の関係は磁気ディスク装置がどの程度高密度に記録されているかの程度に依存する。垂直記録を用いる磁気ディスク装置の製品では、1つの孤立反転が4ビット以上にわたって広がる。よって、これを適切なパーシャルレスポンスの応答になるように等化する。PR5方式では再生孤立波形(d)に対して+1+1-1-1と応答するように等化手段を用いる。(e)でわかるように、4ビットは所定の値に等化され、さらに4ビット以外のビットでは干渉が発生しないように、ゼロ値に等化される。なお、(e)では磁気記録系の雑音がない理想的な場合を示しているが、実際はこの波形に雑音が重畳し、また、等化手段の等化誤差によるずれも発生する。

【0018】ランダムなデジタル信号列に対する等化後の波形は次のように求められる。まず、基本となる孤立パルスの応答を求める。孤立の磁化パルスは-1-1-1-1+1-1-1-1であり、NRZ形式で表したデジタル信号列では00001000となる。NRZ

5

信号1は立ち上がる磁化反転と立ち下がる磁化反転が1ビットの間隔で発生していると考えられるので、信号1に対するパーシャルレスポンスの応答は立ち上がりの孤立磁化に対する応答 $+1+1-1-1$ と1ビット遅れた立ち下がるの孤立磁化に対する応答 $0-1-1+1+1$ を各ビットで加算したものであり、 $+1, 0, -2, 0, +1$ で与えられる。デジタル信号列の各1信号に対して $+1, 0, -2, 0, +1$ の応答を与え、重畳加算して、ランダムなデジタル信号列の再生信号が得られる。

【0019】図2にランダムな信号列とそのPR5再生等化出力を示す。ただし、雑音がない場合である。図中の白丸は再生クロックが正しい位相で得られた場合各クロックにおける再生出力を示している。

【0020】以上、単層垂直記録と再生等化に関して説明した。ただし、PR5の再生特性は単層垂直記録媒体にだけに用いられるものでなく、等化特性を与えるフィルタ特性を変えれば、その他の垂直あるいは面内の記録媒体にも用いることが可能である。

【0021】垂直記録媒体を用いた磁気ディスク装置においても、従来の磁気ディスク装置と同様な処理が必要である。すなわち、磁気ディスク装置において、記録されていたデジタル情報を読み出すとき、読み出されたデジタル情報には記録媒体の欠陥や雑音の影響によって誤りが含まれることを想定しておく必要がある。このため、読み出し時にその誤りを訂正できるように、あらかじめ、デジタル情報を記録するときに、誤り訂正のための検査符号をデジタル情報に併せて記録している。この誤り訂正用検査符号は計算機（図示せず）からのデジタル情報に基づいて演算され、誤り訂正符号挿入回路（図示せず）によってデジタル情報に挿入される。以上をまとめると、計算機からのデジタル情報は所定の誤り訂正用検査符号の挿入手段を介して、さらに磁気記録に適した記録信号に変換するための記録符号化手段を受け、記録信号としてのデジタル信号となり、垂直記録媒体に記録される。

【0022】読み出しは以下でさらに詳しく述べるが、まず、記録媒体からの信号が読み出しヘッド、再生等化処理手段、さらには検出手段によって元の記録信号が読み出される。記録符号化の逆の復号化手段を介して、元のデジタル情報が得られるが、この出力には符号誤りが含まれているので、誤り訂正手段によって正しいデジタル情報に戻して、計算機側に読み出し情報として戻す。

【0023】以下に、本発明に係わる再生系の信号処理をさらに詳しく説明する。

【0024】さて、デジタル処理を基本とする磁気ディスク装置における再生系では、まず、再生タイミングクロックを再生信号から得る必要がある。図3は本発明における再生クロック抽出を含む、磁気ディスク装置の

6

再生系回路の信号系統図である。図3において、1はディスク状の記録媒体、2は媒体から再生された微小信号を増幅する増幅器、3は再生信号をディスクリットな信号列に変換するアナログデジタル変換器を含む、PR5等化を行う等化器、4は等化出力信号からビタビ検出を行い、元の記録信号系列を検出するビタビ検出回路、5は等化出力から再生タイミングの位相情報を検出する位相情報検出器、6は位相情報の出力信号に応じて再生クロックを発生するクロック発生器である。

【0025】また、図4はディスク状の記録媒体1の記録トラックの構成を示したもので、記録すべきデジタル情報に先立ち、再生タイミングクロックを抽出しやすいプリアンプルパターンが記録され、さらに、その後に、デジタル情報のワード同期をとるための同期信号が記録されていることを示す。

【0026】プリアンプルパターンとしては当然、繰り返しパターンであること、再生振幅が大きいこと、再生波形から位相情報が得やすいことが要求される。垂直記録は低密度記録より、高密度記録の方が安定した磁化状態が保てるという特徴を持っているので、最高記録密度となる、1010101パターンから11001100、111000111000111、さらに1111000011110000パターンがプリアンプルの候補と考えられる。第5-1、5-2、5-3、5-4図にそれぞれのPR5等化後の波形を示す。いずれの図においても、波形の左側は初期状態を示しており、パターンが繰り返されると右側の波形になることを示している。

出力信号が一定値に留まると、位相情報が取れないので、プリアンプルパターンとしては第5-2、5-3図に示す11001100あるいは111000111000パターンの繰り返しが好適である。

【0027】各パターンを含むランダム信号の再生波形からの再生タイミング位相情報は面内記録で用いられている方式を参考にして演算できる。図6は実施例における位相情報検出器5の詳細な信号系統図である。図3のPR5等化器3はこの実施例ではPR5の等化フィルタ3-1とA/D変換器3-2に分けられている。位相情報検出器5に入力した信号は仮判定器5-1によって、A/D変換器出力に応じて $+2, +1, 0, -1, -2$ などの各レベル分けされ、仮判定系列 X_n を得る。仮判定器5-1の出力系列はラッチ回路5-2-1及び5-2-2を介して、1クロック毎に伝達される。仮判定結果 X_n, X_{n-1}, X_{n-2} はパターン一致検出回路5-3に入力され、パターン一致手段を用いて位相情報が演算できるパターンであるかどうかを識別し、一致するパターンが見つければ、後述する4つのパターンのいずれかであるかというパターン情報Pを出力する。一方、A/D変換器出力 Y_n は複数ビットであるので、それに対応するビット数を有するラッチ回路5-4-1及び5-4-2を介して1クロック毎に伝達される。パターンに

7

よって位相情報の演算方法が異なるので、4つの位相情報演算回路5-5-1から5-5-4が用意され、所定のA/D変換出力 Y_n 、 Y_{n-1} 、 Y_{n-2} 及び、仮判定結果 X_n 、 X_{n-1} 、 X_{n-2} が供給される。

【0028】位相情報演算回路5-5-1では $X_n = X_{n-1} = \pm 1$ または $X_n = X_{n-1} = \pm 2$ の場合(PAパターン)という。図5(a)参照)に対応した位相情報 τ_1 が計算される。なお、 τ_1 は式(1)で計算される。

【0029】

式(1): $\tau_1 = -Y_n X_{n-1} + Y_{n-1} X_n$
 $X_n = X_{n-1} = \pm 2$ は図5(b)で示されるプリアンプル11001100の再生出力に現れるパターンの1つである。図7にはこのプリアンプルの再生等化出力が所定のタイミングクロックで得られる場合を白丸で、図中の黒丸はタイミングクロックの位相が進んでいる場合の等化出力である。この位相がずれている場合、 $X_n = X_{n-1} = -2$ であるが、 $Y_n = -1$ 、 $Y_{n-1} = -2$ であるので、式(1)から $\tau_1 = +0.4$ が得られる。すなわち、+は位相が進んでいることを示しており、値はずれ量の大きさを示す。このようにクロックの位相情報が得られる。当然のことながら、所定値 $Y_n = -2$ 、 $Y_{n-1} = -2$ が得られたときは $\tau_1 = 0$ となり、位相のずれがない情報が得られる。

【0030】位相情報演算回路5-5-2は $X_n = -X_{n-1} = \pm 1$ の場合(PB)に対応した位相情報 τ_2 が計算される。 τ_2 も式(1)で計算される。

【0031】 $X_n = -X_{n-1} = \pm 1$ となるパターンは図5(b)、図5(c)を参照するとプリアンプル11001100の再生等化出力にも、また、プリアンプル111000111000を使用したときにも現れることがわかる。

【0032】さらに、位相情報演算回路5-5-3は $X_{n-1} = \pm 2$ 且つ $X_{n-2} = X_n = \pm 1$ の場合(PC)に対応した位相情報 τ_3 が計算される。

【0033】 τ_3 は式(2)で計算される。

【0034】

式(2): $\tau_3 = -Y_n X_{n-2} + Y_{n-2} X_n$
 また、位相情報演算回路5-5-4は $X_{n-1} = 0$ 且つ $X_{n-2} = -X_n = \pm 2$ の場合(PD)に対応した位相情報 τ_4 が計算される。

【0035】 τ_4 は式(3)で計算される。

【0036】式(3): $\tau_3 = Y_{n-1} X_n$

それぞれの位相情報演算回路の結果はスイッチ回路5-6に入力され、一致回路5-3の出力信号に応じて1つの位相情報が選択される。一致信号が得られなかったときは直前の位相情報 τ_n が保持される。位相情報 τ_n はクロック発生器6に入力され、低域フィルタ(図示せず)を介してクロックの位相を制御し、再生信号に同期したクロックが得られる。この低域フィルタは、重畳した雑音によって誤った位相情報が得られても、急激な変

8

動を抑えて、クロック発生回路6を誤動作させないために必要である。

【0037】図8は図2に示したランダム信号の再生等化出力系列において位相情報の得られるパターンPA、PB、PC、PDがどこに現れるかを示したものである。4つの位相情報演算によって、安定した再生クロックが得られることが示される。

【0038】なお、プリアンプルが再生されてくることが予想される期間では、プリアンプルに含まれる位相検出可能パターンに対応する位相情報演算回路のみを動作させれば良いことは言うまでもない。また、4つの位相情報演算を簡略化して、4つの内の適当な3つで行うなどの変形は本発明の範囲内であることは言うまでもない。

【0039】また、信号処理用半導体要素デバイス及びそのデバイスを用いた磁気ディスク装置において本発明が適用されているかどうかを調べるには、要素デバイスにはテストピンが通常用意されており、PR5の等化出力に相当する信号出力が観測できる。したがって、記録パターンとそれに対応する灯火信号出力を観測すれば、等化方式としてPR5方式が使用されているかどうかは判別できる。さらに、ビタビ検出器など、等化出力から記録信号を検出する回路にはタイミングクロックが供給されている。このクロック信号に相当する信号は通常テストピンによって観測できる。等化出力とそのタイミングクロックが同期しているということは等化出力からタイミングクロックを得たことを意味する。よって、等化方式がPR5であることが判明し、等化出力とそのタイミングクロックが同期していることが判明すれば、本発明の範囲内の技術であると言える。

【0040】

【発明の効果】本発明によって従来より高密度記録に適した垂直記録媒体を実用化できる信号処理方式が提供される。面内記録では記録ビットが短くなると共に、反対方向を向いている磁化同士が互いに相手の磁化を弱めるように働き、およそ1平方インチあたり10ギガビットで記録密度の限界があるとされる。本発明によって垂直記録が実用化されることによってこの限界を超える磁気ディスク装置及び半導体デバイスが提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明で使用するPR5方式と再生出力波形の関係を説明するための図。

【図2】ランダム信号列におけるPR5等化後の信号波形を示す図。

【図3】実施例における磁気ディスク装置の再生信号処理系統図。

【図4】実施例の記録トラックにおけるプリアンプル信号とデジタル情報の位置関係を示す図。

【図5】図5(a)、図5(b)、図5(c)、図5(d)はそれぞれプリアンプル信号の候補パターンにおけるPR5等化

9

後の信号波形図。

【図6】実施例における位相情報検出器5の詳細な信号系統図。

【図7】再生クロックに位相ずれがある場合の等化出力の例を示す図。

【図8】図2に示したランダム信号の再生等化出力系列において位相情報の得られるパターンPA, PB, PC, PDがどこに現れるかを示した図。

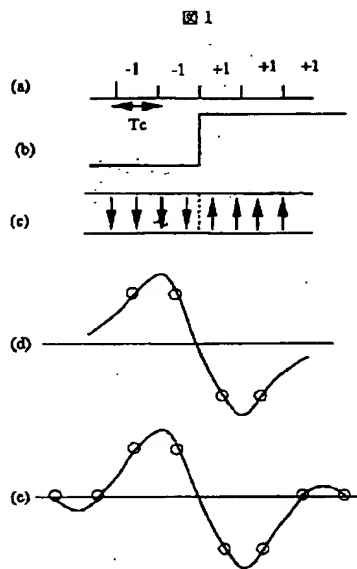
【符号の説明】

1…磁気ディスク媒体、2…媒体から再生された微小信号 * 10

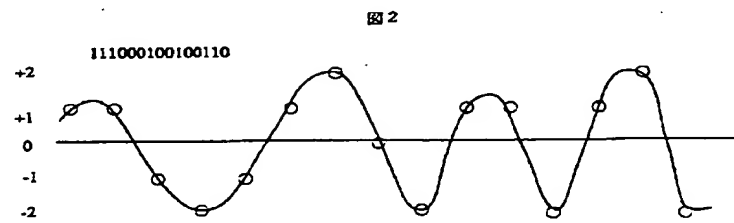
10

*号を増幅する増幅器、3…再生信号をディスクリットな信号列に変換するアナログデジタル変換器を含む、PR5等化を行う等化器、4…等化出力信号からビタビ検出を行い、元の記録信号系列を検出するビタビ検出回路、5…等化出力から再生タイミングの位相情報を検出する位相情報検出器、6…位相情報の出力信号に応じて再生クロックを発生するクロック発生器、5-1…仮判定器、5-3…パターン一致検出回路、5-5-1～5-5-4…4つの位相情報演算回路。

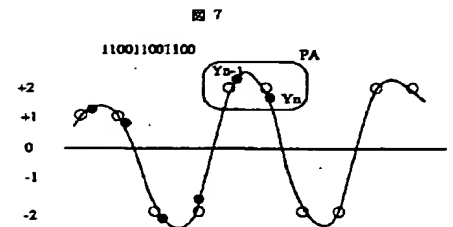
【図1】



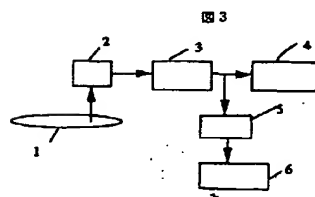
【図2】



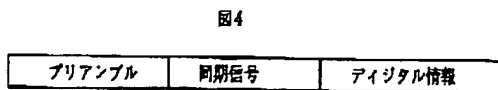
【図7】



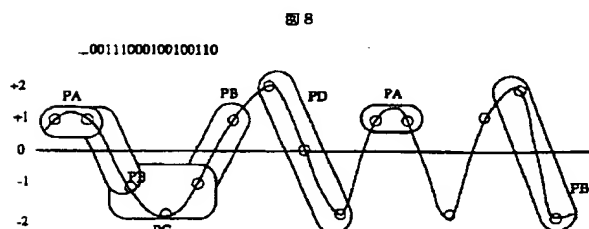
【図3】



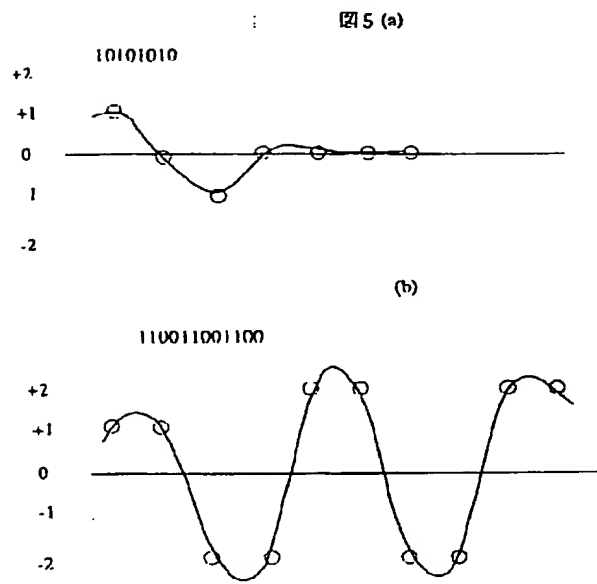
【図4】



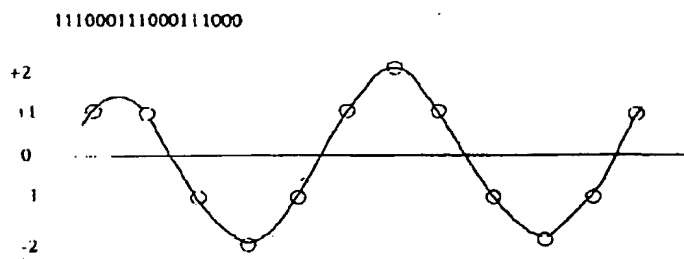
【図8】



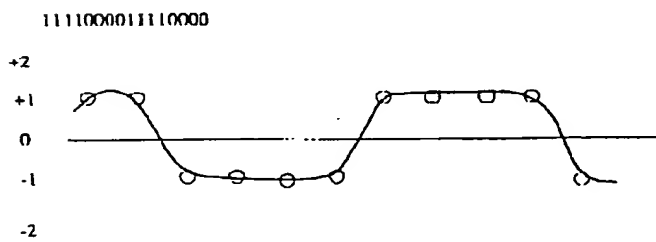
【図5】



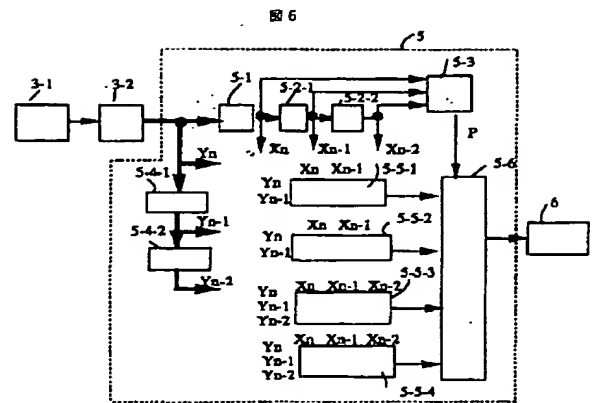
(c)



(d)



【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷
G11B 20/18

識別記号
572

FI
G11B 20/18

テーマコード(参考)
572F

(72) 発明者 二本 正昭
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

F ターム(参考) 5D031 AA04 BB01 DD01 EE01 FF01
FF03
5D044 BC01 CC04 DE34 DE68 FG01
GL01 GL31 GL32 GM11 GM15